LE IDEE MODERNE SULLA COSTITUZIONE DELLA MATERIA

Conferenza tenuta il 10 aprile 1910

nel Grande Anfiteatro del Muséum National d'Histoire naturelle

dal Prof. JEAN BECQUEREL

Già da qualche anno i fisici hanno posto le basi di una nuova teoria intorno alla materia: opinioni ardite, fondate su fatti inattesi, son venute a modificare profondamente le idee ammesse un tempo sulla costituzione dei corpi.

Tutti sanno che le diverse sostanze si distinguono in *corpi semplici* o *elementi*, e in *corpi composti* ottenuti dalla combinazione degli *elementi*. Già da molto tempo si considerano i corpi come formati dagli *atomi* che si uniscono fra loro per costituire le molecole. L'atomo di un elemento è la più piccola quantità di materia caratteristica di questo elemento, e suscettibile di entrare in composizioni chimiche; la molecola di un corpo, semplice o composto, è la più piccola porzione di questo corpo che possa esistere nello stato fisico.

Prendiamo un esempio: la molecola d'acqua, la più piccola porzione di acqua che possa esistere, risulta dalla unione di 2 atomi d'idrogeno con 1 atomo di ossigeno. Noi ripetiamo qui dinanzi a voi l'esperimento classico della decomposizione dell'acqua per mezzo di una corrente elettrica: si libera dell'ossigeno al polo positivo e dell'idrogeno al polo negativo, nella proporzione di 2 volumi d'idrogeno per 1 volume d'ossigeno.

Divisibilità della materia.

La molecola di un corpo composto è sempre formata di atomi di almeno 2 elementi. Quella di un elemento può anche essere costituita da un solo atomo: è questo il caso dei corpi monoatomici (helium, zinco, cadmio, mercurio, ecc.); in altri casi, la molecola di un corpo semplice è l'aggruppamento di parecchi atomi di questo corpo: l'idrogeno, l'ossigeno, lo zolfo, sono diatomici; il fosforo, l'arsenico, sono tetraatomici. Le scoperte di Gay-Lussac sulle leggi della composizione dei gas indussero Avogadro e Ampère ad ammettere che i gas contengono, a parità di volume, lo stesso numero di molecole, e che le proporzioni secondo le quali essi si combinano corrispondono ai rapporti invariabili fra i pesi degli atomi che si uniscono insieme.

Si ritiene che nell'interno dei corpi le molecole sono perpetuamente animate da un movimento di agitazione, tanto più intenso quanto più alta è la temperatura del corpo stesso. Se potesse ridursi a zero la rapidità dei movimenti termici, si otterrebbero temperature sempre più vicine a una temperatura estrema di circa —273° centigradi. Questa temperatura, la più bassa che possa immaginarsi perchè corrisponderebbe al riposo assoluto delle molecole, è chiamata lo *zero assoluto*.

I principî della meccanica applicati a questa concezione delle molecole in movimento spiegano tutte le leggi alle quali obbediscono i gas e i corpi disciolti. Io non posso qui dilungarmi a parlare dei metodi che, in un centimetro cubo di gas, alla pressione ed alla temperatura ordinarie, hanno permesso di contare circa 30 *miliardi di molecole*, e di valutare le dimensioni di una di queste molecole: il diametro d'una molecola di ossigeno, per fare un esempio, è risultato di alcuni *decimilionesimi di millimetro*.

Queste cifre danno un'idea dell'estrema divisibilità della materia. A proposito di ciò, è interessante ricordare che, secondo Berthelot, l'odorato umano è sensibile a un centimillesimo di milionesimo di grammo di iodoformio contenuto in ciascun centimetro cubo d'aria.

Il principio elementare unico.

Voi sapete che la materia attira la materia, secondo la legge della gravitazione universale che regola il movimento degli astri.

Questa legge costante ha suggerito l'idea che gli atomi di tutti i corpi potrebbero esser formati dalla ineguale condensazione di un principio elementare unico, e i rapporti trovati dai chimici fra gli atomi dei diversi elementi sono favorevoli a questa ipotesi.

L'idea di un principio unico, che costituisca tutte le cose, data dai tempi più antichi. Venticinque secoli or sono, Talete ammetteva un fluido primordiale, al quale attribuiva una specie di anima e un potere di attrazione. Anassimandro, Anassimene, Eraclito, parlano di un principio universale; e Pitagora mette al disopra dell'aria « l'etere, materia celeste libera di ogni materia sensibile ». Cinquecento anni prima della nostra èra, Leucippo e Democrito imaginarono atomi indivisibili, eterni, che si muovono nel

Digitized by Google

vuoto infinito; Lucrezio espose più tardi dottrine somiglianti. Infine Descartes e Leibnitz ebbero della materia una concezione non molto diversa.

Al principio del secolo scorso, un chimico inglese. Prout, manifestò l'ipotesi che tutti gli elementi possano essere costituiti dalla condensazione progressiva dell'idrogeno, il più leggiero di tutti i corpi.

Ma, da qualche anno, la fisica moderna è andata molto più oltre.

Oggi si attribuisce una struttura atomica non solo alla materia, ma anche all'elettricità, e si considera la materia come formata di elettricità.

Vedremo infatti, nel seguito della nostra trattazione, che si è riusciti a isolare dei corpuscoli elettrizzati, i quali sembrano essere elettricità senza materia propriamente detta, e di cui la massa, di origine elettromagnetica, è quasi 2000 volte più piccola di quella d'un atomo d'idrogeno.

Questi atomi d'elettricità si chiamano *elettroni*; essi esistono in tutti i corpi; sono essi la sorgente dei fenomeni luminosi; sono essi ancora che producono la conduzione del calore e della elettricità. L'elettrone apparisce come un costituente universale della materia, senza essere esso medesimo materia nel senso ordinario della parola.

L'atomo di elettricità.

La prima nozione d'un atomo di elettricità risulta dal fenomeno della elettrolisi, di cui or ora avete veduto un esempio nella decomposizione dell'acqua per mezzo della pila elettrica. Si chiama elettrolite una soluzione conduttrice della elettricità e decomponibile per mezzo di una corrente. Ogni molecola d'un'elettrolite è separabile in due atomi o gruppi atomici, chiamati *ioni*, che possiedono carica elettrica eguale e polarità contraria: così, quando il cloruro di sodio è sciolto nell'acqua, un certo numero di molecole si disgregano in un ione negativo: cloro, e un ione positivo: sodio.

Per effetto dei movimenti molecolari che costituiscono il calore e degli urti che ne risultano, si producono continuamente ricombinazioni degli ioni e nuove decomposizioni delle molecole. In una soluzione acquosa molto diluita, quasi tutto il cloruro di sodio si trova decomposto; se s'immergono in essa due elettrodi collegati ai poli di una pila, gli ioni negativi (cloro) si portano al polo positivo, e gli ioni positivi (sodio) si portano al polo negativo.

Le leggi della elettrolisi, stabilite da Faraday e completate da Edmondo Becquerel, hanno condotto alla conclusione che tutti gli ioni monovalenti, come quelli dell'idrogeno, del cloro, del sodio e del potassio, trasportano sempre la stessa carica, negativa o positiva: gli ioni bivalenti, come quello del rame, trasportano una carica doppia della precedente, ecc.

La carica elettrica dello ione monovalente è la più piccola che sia stata osservata; prescindendo dal suo supporto materiale, essa costituisce l'elettrone, o *atomo di elettricità*.

Questa carica elementare si è potuta misurare. E' infatti facile valutare la quantità di elettricità necessaria alla liberazione di un grammo di materia, per esempio di un grammo di idrogeno nella elettrolisi dell'acqua, per ottenere la carica totale degli ioni d'idrogeno. Questi ioni hanno formato delle molecole, e poichè si conosce il numero delle molecole contenute in 1 grammo d'idrogeno, si può valutare la carica che è stata trasportata da un solo ione. Questa carica è piccolissima: è uguale a 4.10^{-10} unità elettrostatiche C. G. S.

I raggi catodici.

Lo studio delle irradiazioni ottenute nei gas rarefatti è venuto a precisare le nostre conoscenze sull'atomo di elettricità. Quando, per mezzo di una dinamo o di un rocchetto d'induzione, si produce una scarica elettrica in un gas, si ottiene, sotto la pressione ordinaria, una scintilla a *zig-zag*. In un tubo dove la pressione è ridotta, questa scintilla cambia d'aspetto e, quando la pressione non è che di qualche milionesimo d'atmosfera (vuoto di Crookes), si osserva un fascio luminoso emanato dal polo negativo o *catodo*. Qualunque sia la posizione del polo positivo o *anodo*, il fascio è emesso perpendicolarmente alla superficie del catodo e si propaga in linea retta. Il vetro della bottiglia, nei punti colpiti dalla irradiazione, prende una bella coloritura verde, il fascio catodico illumina i corpi fosforescenti e scalda gli schermi collocati nel suo tragitto.

I raggi emanati dal catodo prendono il nome di *raggi catodici;* essi furono scoperti nel 1869 da Hittorf e studiati poi da un gran numero di fisici: Crookes, J.-J. Thomson, Jean Perrin, Majorana, Lenard, Wien, Villard. William Crookes per primo manifestò l'ipotesi che essi siano prodotti da un quarto stato della materia, lo *stato radiante*, che dà luogo a un *bombardamento molecolare:* questa idea veramente geniale fu accolta con molta incredulità, perchè in quel tempo (1880) la tendenza di quasi tutti gli scienziati era di spiegare ogni fenomeno con un movimento vibratorio e non con un flusso materiale.

Molti fisici adunque considerarono i raggi catodici come movimenti ondulatori analoghi alla luce. Ma questa interpretazione dovette ben presto essere abbandonata: gli ulteriori esperimenti infatti hanno confermato in maniera evidente le idee di Crookes, però con questa differenza, che lo stato radiante non costituisce, nei raggi catodici, un bombardamento fatto da materia, ma bensì un bombardamento fatto da corpuscoli

Digitized by Google

elettrizzati molto più piccoli delle molecole e che non sono altro che elettroni negativi separati dalla materia.

Nel dicembre del 1895 Jean Perrin fece un esperimento fondamentale: dimostrò che i raggi catodici trasportano elettricità negativa. Questi raggi hanno anche altre proprietà: se attraversano un campo elettrico, cioè se passano fra due làmine metalliche elettrizzate l'una positivamente e l'altra negativamente, una parte di essi descrive una parabola, come farebbe un'onda di corpuscoli attirati dalla làmina positiva e respinti dalla làmina negativa; sotto l'azione d'una calamita, il fascio dei raggi s'incurva, descrivendo una spirale intorno alle linee di forza.

Le due deviazioni, elettrica e magnetica, hanno permesso a J.-J. Thomson di misurare la velocità di propagazione dei corpuscoli e il rapporto fra la carica elettrica trasportata da un corpuscolo e il volume di questo. Altri metodi hanno condotto alla misurazione delle stesse quantità, e i resultati sono i seguenti: la velocità dei corpuscoli catodici varia, secondo le circostanze dell'esperimento, da 30,000 a 100,000 chilometri al secondo; il rapporto fra il volume e la carica è 2000 volte più piccolo di quello che presenta lo ione d'idrogeno nella elettrolisi. Questo rapporto è sempre il medesimo anche se variano gli elettrodi e i gas rarefatti nel tubo. Ecco un primo resultato d'importanza capitale.

I corpi radioattivi.

Mentre si proseguivano tali indagini, lo studio dei corpi radioattivi ha condotto a conclusioni di non minore importanza.

Voi sapete che certi corpi possiedono la proprietà, scoperta nel febbraio del 1896 da Enrico Becquerel, di emettere spontaneamente, senza che si fornisca loro alcuna energia, raggi di varia specie. Le particelle elettrizzate emanate da questi corpi *ionizzano* l'aria, il che significa che togliendo alle molecole del gas corpuscoli elettrizzati e circondandosi esse stesse di molecole neutre, danno luogo alla formazione di centri elettrizzati che rendono l'aria conduttrice dell'elettricità. E' per ciò che questi raggi scaricano i corpi elettrizzati.

Delle tre specie di raggi emanati dai corpi radioattivi, i raggi β sono carichi di elettricità negativa e son formati di corpuscoli identici ai corpuscoli catodici: misurando le deviazioni in un campo elettrico e in un campo magnetico, Enrico Becquerel ha dimostrato che, quando la velocità non è troppo vicina alla rapidità della luce, il rapporto fra la carica elettrica e il volume di ciascun corpuscolo è eguale a quello che si riscontra nei raggi catodici.

Corpuscoli eguali sono anche emessi dai metalli incandescenti, e sotto l'azione della luce ultravioletta o dei raggi X sui metalli. In tutti questi fenomeni si riscontra sempre lo stesso rapporto fra la carica e il volume.

Ma quali sono i valori assoluti di questa carica e di questo volume? Finora noi abbiamo parlato soltanto del loro rapporto.

Io non posso qui descrivere i metodi dovuti a Thomson, Townsend, Wison; indicherò solamente il principio su cui quei metodi si basano. Gli ioni formati nell'aria — noi chiameremo ora ioni tutti i centri elettrizzati — condensano il vapore acqueo in un'atmosfera soprassatura, e ogni particella elettrizzata forma il nòcciolo d'una goccia di nebbia. La velocità con cui le gocce cadono permette di misurare la loro grossezza, e, calcolando la quantità totale dell'acqua condensata, si può contare il numero delle gocce, vale a dire il numero degli ioni. D'altra parte, si misura la quantità di elettricità precipitata con la nebbia, e se ne deduce la quantità contenuta in ciascun ione.

Il resultato è fondamentale: i corpuscoli catodici e gli ioni gassosi hanno la stessa quantità di elettricità come un ione di ossigeno nella elettrolisi, mentre il loro volume è 2000 volte più piccolo di quello d'un atomo d'idrogeno.

S'impone dunque la seguente conclusione: i corpuscoli catodici, i raggi β, trasportano l'atomo di elettricità negativa e possiedono un volume 2000 volte più piccolo di quello del più leggiero atomo materiale.

Fenomeni di ottica.

Abbiamo veduto come la conoscenza degli elettroni negativi risulta dallo studio dei fenomeni elettrici e della radioattività. In un ramo della fisica completamente diverso, nell'ottica, la teoria degli elettroni ha trovato una conferma assai notevole.

La teoria di Fresnel e gli esperimenti di Foucault e di Young hanno dimostrato che la luce è un movimento vibratorio, e che quindi esiste un ambiente atto a trasmettere le onde luminose. Questo ambiente si chiama *etere*: è conosciuto per le proprietà dei movimenti che in esso possono prodursi e propagarsi; esiste dappertutto, tanto nell'interno della materia come negli spazi privi di materia (vuoto).

Maxwell e Hertz hanno dimostrato che i fenomeni luminosi non sono che un caso particolare dei fenomeni elettro-magnetici (induzione, onde hertziane, ecc.) che si producono nell'etere.

Tutti conoscono la decomposizione della luce bianca ottenuta per mezzo del prisma; nello spettro si succedono i colori dell'arcobaleno. Se si analizza con lo spettroscopio la luce prodotta dai gas incandescenti, si vedono strisce brillanti separate l'una dall'altra. Queste *strisce d'emissione* rappresentano ciascuna la fessura per la

Digitized by Google

quale passa la luce prima di cadere sul prisma che separa le radiazioni di differenticolori. Tali strisce brillanti possono trasformarsi in *strisce d'assorbimento* oscure, quando il vaporesa traaversato da un fascio di luce bianca continua: le strisce nere indicano i colori assorbiti. Anche altri corpi solidi o disciolti hanno spettri di assorbimento caratteristici.

L'esistenza degli spettri d'emissione o d'assorbimento, e più generalmente tutte le modificazioni a cui vanno soggette le onde luminose in un corpo, mostrano l'intervento della materia nei fenomeni che accadono nell'etere. Per spiegare le azioni reciproche dell'etere e della materia ponderabile, Lorentz disse che i fenomeni luminosi sono originati dai movimenti delle cariche elettriche contenute nell'atomo.

Una importante scoperta fatta nel 1896 da Zeeman ha confermato l'opinione di Lorentz. Il Zeeman ha scoperto che, sotto l'azione d'un campo magnetico intenso, le strisce dei gas si decompongono in parecchie strisce, e che queste corrispondono a movimenti *polarizzati*, vale a dire *orientati* dalla calamita. Così, come i corpuscoli catodici, anche i corpuscoli che producono o assorbono la luce hanno i loro movimenti modificati da una calamita. E' quindi certo che essi sono elettrizzati. Nel caso più semplice, quando le linee di forza della calamita siano parallele al raggio luminoso, ciascuna striscia si trasforma in una striscia doppia, le cui componenti corrispondono ai due movimenti vibratorî circolari che agiscono in senso contrario.

Secondo la teoria di Lorentz, la grandezza della deviazione delle componenti permette di calcolare il rapporto fra la carica elettrica e il volume dei corpuscoli, e la direzione nella quale un campo magnetico sposta le componenti indica la carica elettrica in movimento.

L'applicazione della teoria ai resultati sperimentali ha dimostrato che l'emissione e l'assorbimento, nel caso di spettri di strisce di gas e di vapori, sono prodotti da corpuscoli identici ai corpuscoli catodici, cioè da elettroni negativi.

Dopo la scoperta di Zeeman, numerose ricerche sperimentali e teoriche si son fatte su questo fenomeno, che ha gettato nuova luce sul fenomeno dell'emissione e dell'assorbimento della luce. L'azione del magnetismo sull'assorbimento è stata osservata, nel nostro laboratorio, con corpi solidi, con cristalli, con minerali, ed è stata studiata anche alla temperatura della solidificazione dell'idrogeno (—259°). Riparlerò in seguito sui resultati inattesi ottenuti da queste indagini.

Si può dunque dire che l'elettrone si trova alla sorgente stessa dei fenomeni luminosi. Nelle teorie moderne, la trasmissione del calore e dell'elettricità nei metalli, lo splendore e il colore dei metalli, sono spiegati con movimenti di elettroni che circolano liberamente fra le molecole.

I copiosi fatti che ho riassunti dimostrano che l'elettrone negativo, il quale è, per così dire, tangibile nei raggi β, è un componente universale della materia.

Come è costituito l'elettrone.

Veniamo ora a trattare una questione di capitale importanza. Qual'è la natura di questo corpuscolo elettrizzato? è esso formato di materia o di un'altra essenza? La fisica moderna pare che abbia in parte risoluto questo problema.

Osserviamo un corpo elettrizzato: anzitutto, questo corpo possiede una massa materiale, nel senso *meccanico* della parola *massa* (rapporto fra una forza agente sul corpo e l'accelerazione che essa comunica al corpo medesimo): in secondo luogo, essendo il corpo elettrizzato, possiede un'altra massa d'origine *elettromagnetica*: se esso è in movimento, costituisce un elemento di corrente che si sposta. Ora, ogni modificazione nella intensità o nella direzione della corrente, cioè nella grandezza o nella direzione della velocità del corpo, mette in esercizio una quantità di energia e dà luogo a un effetto d'induzione nell'etere. Questa induzione che si oppone ad ogni cambiamento (legge di Lenz) è una vera e propria inerzia d'origine elettrica. E' pertanto evidente che il corpo elettrizzato possiede due masse: la sua massa materiale e la massa elettromagnetica della carica ch'esso trasporta.

Ora si dimostra che l'inerzia elettromagnetica deve dipendere dalla velocità; ch'essa deve restare praticamente costante se la velocità non raggiunga un valore considerevole (almeno 100.000 km. al secondo), ma che essa deve aumentare fino a diventare infinita quando la rapidità si avvicini a quella della luce (300.000 km. al secondo).

Abbiamo veduto che si può misurare la rapidità, e anche il rapporto tra la carica elettrica e la massa, delle particelle β del radium. Questi raggi β formano un fascio di corpuscoli che hanno velocità molto differenti, alcune delle quali sono quasi eguali a quella della luce. Ora si è accertato che quanto maggiore è la velocità, tanto più piccolo è il rapporto fra la carica e la massa, il che vale a dire (poichè la carica non può variare) che tanto maggiore è la massa. E' proprio questo il fatto preveduto, e la legge di variazione della massa totale in funzione alla velocità deve indicare la parte relativa delle due masse nella massa totale.

Il resultato è sorprendente: la variazione della massa totale è eguale a quella che sarebbe qualora la massa elettromagnetica esistesse da sola: conseguentemente *la massa materiale appare nulla*. In altri termini, *l'elettrone è elettricità sprovvista*

Digitized by Google

di supporto materiale, cioè una modificazione (ancora sconosciuta, forse di natura vorticosa) *dell'ambiente che noi chiamiamo etere.*

Pertanto l'elettrone è uno stato particolare dell'etere: esso è un po' materiale perchè possiede una massa, che è una delle proprietà fondamentali della materia; tuttavia esso non è materia nel senso che sino ad ora si attribuiva a questa parola, perchè la sua inerzia si riduce alla inerzia dell'etere. Insomma, l'elettrone si può considerare *come un intermediario fra l'etere e la materia ponderabile.*

La massa dell'elettrone negativo è, per le piccole velocità, di grammi $0,5.10^{-27}$. Supponendolo sferico, si può calcolare il suo raggio, il quale risulta di cm. 10^{-13}.

La spiegazione elettrica della materia.

Fino a questi ultimi anni i fisici si erano sforzati a trovare una spiegazione *meccanica* dei fenomeni fisici: è così, per esempio, che Fresnel ha esposto una teoria meccanica della luce. Un simile tentativo era naturale, poichè i fenomeni meccanici cadono giornalmente sotto i nostri sensi e ci son molto più familiari dei fenomeni elettrici. Tuttavia, sebbene, secondo la teoria di Maxwell, una spiegazione meccanica, o più esattamente *una infinità di spiegazioni meccaniche* dei fenomeni elettromagnetici, sia possibile, nessuna spiegazione soddisfacente potè ottenersi su questa via, e l'etere c'è sempre apparso ben diverso dai corpi che noi conosciamo.

Dopo i resultati ottenuti recentemente, gli scienziati hanno pensato convenisse non più cercare una spiegazione meccanica dell'elettromagnetismo, ma *dare una teoria elettrica della costituzione della materia e dei fenomeni meccanici.* E' evidente che tutti i fatti da noi esaminati conducono logicamente a questo modo di vedere.

Infatti, si è isolato dalla materia un corpuscolo che sembra non essere altro che elettricità; la massa di questo elettrone è intieramente d'origine elettromagnetica; si è dunque indotti a prendere come punto di partenza l'elettricità per edificare una teoria dei fenomeni fisici e della stessa materia.

Se la materia è formata da una riunione di elettroni, *la sua inerzia è tutta di origine elettromagnetica:* è l'etere che circonda ciascun elettrone, e non la materia stessa, che rappresenta la sede di ogni energia. Ciò non significa che non vi sia materia, ma soltanto che non bisogna lasciarsi ingannare dalle apparenze e che la materia deve considerarsi in modo diverso da quello in cui si era considerata in questi ultimi anni.

Se l'inerzia della materia è elettromagnetica, la massa dei corpuscoli dipende dalla loro velocità, e questo resultato è, dal punto di vista assoluto, contrario a uno dei principî sui quali si fonda la meccanica. Ma bisogna osservare che i problemi trattati dalla meccanica sono tutti limitati a un caso particolare, quello in cui la velocità è piccola in confronto alla velocità della luce: tale è il caso non solo delle velocità che si osservano sulla terra, ma anche di tutte le velocità degli astri; in queste condizioni, la massa può, praticamente, essere considerata costante, e non v'è nulla da cambiare nella meccanica d'un tempo.

Le persone poco abituate alle idee che noi abbiamo riassunto obbiettano spesso che l'elettricità resta un mistero e che le nuove teorie poggiano su una base sconosciuta. Ciò è giusto: noi ignoriamo la causa prima della elettricità e non comprendiamo certe proprietà dell'etere. Ma, nelle teorie meccaniche d'un tempo, la parola materia non rinchiude un mistero altrettanto profondo? Il senso della parola *massa* è forse più chiaro quando si parli d'una massa materiale? L'origine della materia considerata come esistente indipendentemente dall'etere, non è forse più oscura dell'origine della elettricità che ci appare come una modificazione dell'etere stesso?

La teoria elettrica della materia presenta in ogni caso il vantaggio della semplicità, perchè tende all'*unificazione di tutti i fenomeni*, i quali sono considerati come manifestazioni di un ambiente unico: l'etere. L'elettrone, che è insieme etere e materia, serve di transizione fra l'etere del vuoto e la materia quale essa ci appare.

Esistono elettroni positivi?

Oggetto delle teorie elettriche della materia dev'essere il ricercare come gli atomi degli elementi possano essere formati da una riunione di elettroni. Ma la fisica attuale, non ostante i brillanti risultati ottenuti, è ancora ben lontana dal darci una rappresentazione di un atomo di materia.

Abbiamo veduto che i fisici sono pervennti a una conoscenza abbastanza completa d'un costituente della materia, l'elettrone negativo, e che le nuove idee son fondate sulle proprietà di questo corpuscolo. Accanto all'elettrone negativo esiste un elettrone positivo? E' evidentemente necessario che le cariche positive si trovino in qualche parte nella materia; ma sono esse una struttura atomica come le cariche negative, oppure sono di natura diversa?

Nelle scariche che avvengono in un ambiente di gas rarefatti, nelle emanazioni dei corpi radioattivi, si trovano, accanto ai raggi negativi, dei raggi che trasportano elettricità positiva: ma questi raggi positivi sembra in generale che siano del tutto diversi dai primi. Quando si scavano dei canali attraverso al catodo di un tubo di Crookes, si osservano, dietro al catodo, dei fasci, ciascuno dei quali ha attraversato un ori-

Digitized by Google

fizio, e che si propagano in direzione contraria a quella dei raggi catodici: sono questi i raggi-canali del Goldstein. Questi raggi sono carichi di elettricità positiva e, fatto notevole, qualunque sia il gas della bottiglia, il rapporto fra la carica e la massa non rivela che due specie di corpuscoli (J.-J. Thomson): gli uni corrispondono all'atomo di idrogeno che trasporta una carica elementare, gli altri all'atomo di helium che trasporta una carica doppia. Sono questi ultimi corpuscoli che nella emanazione del radium e di tutti i corpi radioattivi costituiscono i raggi α. Il Rutherford ha dimostrato, con esperimenti magnifici, che i raggi α son formati da atomi di helium.

Infine, altri raggi positivi (i raggi anodici, provenienti da sostanze collocate al polo positivo d'un tubo di Crookes) non son altro che atomi materiali i quali hanno perduto elettroni negativi (Gehrke e Reichenheim). Voi vedete dunque che i raggi positivi differiscono molto dai raggi negativi: essi formano un flusso di *materia elettrizzata* e sono costituiti non da elettroni, ma da *ioni*, atomi materiali privati d'uno o di parecchi elettroni negativi: questi ioni possiedono una massa eguale almeno a quella di un ione positivo d'idrogeno, cioè d'un atomo d'idrogeno carico di elettricità positiva in seguito alla perdita d'un elettrone negativo. In una parola, le particelle positive sono *resti di atomi*.

Altre teorie sugli elettroni positivi.

Restando pertanto le cariche positive attaccate alla materia, molti scienziati non hanno ammesso l'esistenza d'un elettrone positivo somigliante all'elettrone negativo. Taluni hanno perfino pensato che l'elettrone positivo non esista e che la materia abbia, per se stessa, un'esistenza indipendente dagli elettroni; l'unione della materia e degli elettroni negativi darebbe gli atomi elettricamente neutri, e le cariche positive risulterebbero unicamente dall'assenza di elettroni negativi. Quest'opinione, intermedia fra le antiche e le nuove idee, fa perdere tutti i vantaggi di semplicità e di unificazione resultanti dalle concezioni moderne che riconducono tutte le cose all'etere.

Bisogna notare come fatto capitale lo sprigionamento di helium, sotto forma di raggi α, che avviene in tutti i corpi radioattivi, e non si deve dimenticare che J.-J. Thomson ha trovato questi stessi raggi α nei tubi a raggi-canali. Lo ione helium non può tuttavia essere l'elettrone positivo, poichè esiste un atomo materiale, quello dell'idrogeno, che possiede una massa più piccola; ma l'atomo di helium si presenta come un aggruppamento molto stabile. Ora si domanda: Questo aggruppamento si forma, nei fenomeni sopra detti, per combinazione diretta di elettroni negativi con elettroni positivi istantaneamente liberatisi, oppure si forma come aggruppamento primordiale nella costituzione degli atomi della maggior parte degli elementi? È questa una domanda alla quale oggi non si sa rispondere.

Nei raggi-canali si trovano anche particelle caratteristiche dello ione idrogeno. Si può tornare alle idee del Prout, e supporre che questo ione non sia altro che l'elettrone positivo. Bisognerebbe allora sapere se la sua massa sia puramente elettromagnetica; se così fosse, l'elettrone positivo avrebbe una massa duemila volte più grande di quella dell'elettrone negativo, e l'atomo d'idrogeno risulterebbe dalla unione di un solo elettrone positivo con un solo elettrone negativo.

Ma un'altra ipotesi è stata fatta: alcuni fisici, avendo trovato gravi difficoltà a spiegare le proprietà dei metalli per mezzo dei soli elettroni negativi, hanno supposto l'esistenza di due specie di elettroni, i quali differirebbero soltanto per il genere della loro carica.

Esperimenti e opinione del Becquerel.

Dirò qui qualche parola dei recenti esperimenti fatti nel nostro gabinetto, dei quali non è stata ancora trovata una spiegazione con l'aiuto degli elettroni negativi e i quali sarebbero spiegati in modo evidente se esistessero elettroni positivi nella costituzione dei corpi. Si tratta dell'azione di un campo magnetico sulle zone di assorbimento dei cristalli e di certi sali disciolti. Il cambiamento prodotto dal campo magnetico ha luogo per certe zone nel senso corrispondente agli elettroni negativi, ma per altre zone nei senso opposto.

La grandezza del cambiamento, assolutamente indipendente dalla temperatura (fino a — 259), pare sia una caratteristica del sistema vibrante: *tutto accade come se esistessero elettroni positivi*.

Esperimenti sulle scariche che avvengono nei gas molto rarefatti, eseguiti prima dal Lilienfeld e poi in altra forma nel nostro gabinetto, hanno permesso di ottenere raggi positivi che poterono essere spiegati con l'esistenza di elettroni positivi liberi; ma altre spiegazioni sono state contrapposte a questa, ed è opportuno continuare le indagini su questo soggetto.

E' dunque possibile che esista un elettrone positivo della stessa natura di quello negativo. Dico « della stessa natura » e non « identico », perchè la dissimmetria fra i fenomeni presentati dalle due elettricità rende probabile una differenza fra i due elettroni. Se le due specie di elettroni esistono, dovrebbero, secondo i nostri esperimenti, avere lo stesso rapporto fra la carica e la massa; ma le masse e le cariche potrebbero essere molto diverse.

In ogni caso un fatto è certo: gli elettroni po-

Digitized by Google

sitivi, se esistono, sono strettamente legati agli atomi materiali. Essi quindi non si rivelerebbero che nei fenomeni magneto-ottici, pei quali il fisico porta le sue investigazioni sino al fondo dell'atomo senza distruggere questo, oppure si rivelerebbero nell'interno dei tubi pieni di gas rarefatti in condizioni particolarissime (ioni positivi disgregati per l'urto di corpuscoli catodici che agiscono come proiettili).

La struttura degli atomi.

Si vede così quanto siano state modificate le idee sulla natura delle cariche positive. Qualunque possa essere l'elettrone positivo, bisognerà conoscerlo tanto bene quanto l'elettrone negativo, prima di pensare a capire la struttura di un atomo di materia.

Ecco due sistemi interessantissimi. Alcuni fisici hanno imaginato al centro dell'atomo una carica positiva, intorno alla quale gli elettroni negativi gravitano come i pianeti intorno al sole. Ma questa ipotesi contiene gravi difficoltà che io qui non posso esporre: credo che non si debba lasciarsi trascinare dall'idea seducente di un paragone fra il mondo degli infinitamente piccoli e il mondo degli infinitamente grandi, e mi pare che un aggruppamento di *elettroni* non sia affatto paragonabile a un mondo *materiale*.

Il sistema oggi più generalmente adottato è il seguente. Si suppone una carica positiva uniformemente ripartita su una sfera, *all'interno* della quale si collocano gli elettroni negativi. La carica positiva è uguale alla somma delle cariche degli elettroni negativi. L'elettricità positiva tende a condurre i corpuscoli al centro della sfera, ma la ripulsione degli elettroni negativi fra loro li allontana da questo punto, ed essi prendono una posizione di equilibrio, aggruppandosi regolarmente attorno al centro.

Noi possiamo, con un esperimento semplice fornitoci dal prof. Mayer, mostrare aggruppamenti somiglianti a questo. Prendiamo piccoli spilli di acciaio identici fra loro ed egualmente calamitati: questi spilli sono appuntati ciascuno in un turacciolo galleggiate sull'acqua: essi si respingono reciprocamente come farebbero gli elettroni negativi e secondo la stessa legge. La forza che li aggruppa è prodotta da un grosso polo di calamita collocato al disopra del catino: gli spilli sono attirati verso il punto situato verticalmente al disotto del polo, e per ciascuno di essi la componente orizzontale della forza d'attrazione è sensibilmente proporzionale alla sua distanza da quel punto. Adunque, le condizioni imaginate per gli elettroni si verificano per gli spilli; la sola differenza è che l'aggruppamento avviene non nello spazio, ma su un piano.

Illuminiamo vivamente le teste dei turaccioli e proiettiamo le loro immagini su uno schermo: possiamo così vedere le figure di equilibrio, e supporre che i punti brillanti sullo schermo rappresentino elettroni mobili all'interno di una grande sfera positiva. Voi vedete che questi elettroni si dispongono regolarmente intorno al centro formando, secondo il loro numero, uno o parecchi anelli concentrici.

J.-J. Thomson ha studiato in base a calcoli le posizioni di equilibrio che possono prendere così gli elettroni, più o meno numerosi, ed è riuscito a spiegare la classificazione periodica degli elementi, scoperta dal Mendelejeff.

Bisogna anche notare che questa maniera di considerare la costituzione dell'atomo dà una completa spiegazione dei fenomeni luminosi.

Ma è impossibile avere un'idea della costituzione della sfera sulla quale si suppone ripartita l'elettricità positiva.

Altre ipotesi, innumerevoli, potrebbero concepirsi, finchè l'elettricità positiva resterà avvolta in tanto mistero. Si può anzi dire che l'adottare questo o quel sistema è soltanto questione di gusto.

In ogni caso, certo è che l'atomo ha dimensioni considerevoli in confronto con quelle dell'elettrone negativo. Il volume d'un atomo potrebbe contenere *diversi miliardi di miliardi* di elettroni, e, poichè la sua massa mostra di contenerne al massimo alcune migliaia, è certo che gli elettroni sono fra loro a distanze enormi relativamente alla loro dimensione: potete imaginarvi uno sciame di moscerini che voli nella navata di una cattedrale.

La transmutazione della materia.

Non ostante la nostra ignoranza della natura dell'elettricità positiva, i fatti accertati in questi ultimi vent'anni rendono molto probabile l'ipotesi d'una costituzione puramente elettrica della materia. Ma allora, essendo tutte le sostanze formate da cariche elettriche, *l'atomo materiale non può più essere considerato come immutabile* e, senza essere alchimisti, si può dire che *la transmutazione della materia non è un'utopia*. Queste idee, di cui non è necessario mettere in rilievo l'arditezza, hanno già ottenuto una importante conferma. Il radium produce un gas che si chiama emanazione del radium: il Rampsay e il Soddy hanno mostrato che questa emanazione produce helium. Il Rutherford ha dimostrato che i raggi α dei corpi radioattivi non sono altro che atomi di helium. Il Moureu ha constatato la presenza dell'helium nei gas radioattivi delle sorgenti termali.

Si sa oggi che le sostanze radioattive subiscono una trasformazione nella quale appare tutta una serie di corpi più o meno efimeri, la cui durata si può ridurre a pochi giorni e anche a pochi secondi (emanazione dell'actinium). Tutti questi

Digitized by Google

corpi sono *elementi nuovi*. Queste trasformazioni sono vere e proprie *transmutazioni*, non *decomposizioni chimiche*. Esse sembrano indipendenti dalla temperatura; sviluppano un'energia considerevole: l'emanazione del radium è infatti capace di produrre, a parità di volume, due milioni e cinquecentomila volte più di energia che l'esplosione di una miscela d'idrogeno e di ossigeno.

Il radium, il polonium, appartengono alla serie degli elementi usciti dall'uranio, ed è probabile che, come per l'helium, così anche per queste trasformazioni il residuo stabile non sia altro che il piombo.

William Ramsay fa attualmente esperimenti interessantissimi. Egli ha annunziato la transmutazione del rame in potassio, sodio e litio, sotto l'azione della emanazione del radium. Ha ottenuto, in maniera indiscutibile, la transmutazione in carbonio del silicio, del titanio, del zirconio, del piombo e del torio.

Questi resultati dimostrano la possibilità della transmutazione degli atomi pesanti in atomi più semplici, cioè d'una *degradazione degli elementi*. Ma, per ora, non si può pensare a ottenere trasformazione inversa (quella, per esempio, del rame in oro). Questa transmutazione richiederebbe una energia colossale, di cui noi non possiamo ancora disporre.

E' probabile che ogni sostanza materiale subisca una evoluzione; ma la lentezza delle trasformazioni, o la rarità delle condizioni favorevoli che la rendono possibile, ci dà l'apparenza della stabilità.

Conclusione.

Noi abbiamo poc'anzi ricordato alcune teorie molto antiche: esse non sono distrutte dalle esperienze moderne. Quattro idee principali dominano in quelle teorie: la concezione dell'atomo, l'esistenza dei movimenti interni, il rapporto fra questi movimenti e le proprietà della calamita, la possibilità della transmutazione.

Queste idee sono oggi più vive che mai. Ecco alcuni versi, veramente profetici, di Lucrezio:

Versibus ostendi corpuscula materiae
Ex infinito summam rerum usque tenere
Undique protelo plagarum continuato.

Lucrezio riconosceva le principali qualità che oggi si attribuiscono ai corpuscoli elettrizzati. Ma l'idea che l'elettricità può produrre la materia è del tutto moderna: essa è dovuta alle scoperte della radioattività (1896), del fenomeno di Zeeman (agosto 1896) e della natura dei raggi catodici (1895-97).

Fra le affermazioni dei filosofi e degli antichi scienziati e le nostre, esiste una differenza profonda: quelle non erano sottoposte ad alcun accertamento sperimentale, e quindi non sono altro che concezioni dello spirito, la portata delle quali è limitata dagli errori che in esse si contengono; le nostre invece hanno il conforto delle concordi esperienze e quindi ci impongono la persuasione.

ATTRAVERSO I PARLAMENTI.

Discutendosi dal Senato il bilancio della pubblica istruzione, nella tornata del 24 giugno 1911, il senatore Giacomo Barzellotti ha pronunciato un notevole discorso in cui è denunziata la diminuzione che subirebbe l'Italia qualora il palazzo Farnese andasse venduto alla Francia. Ne riproduciamo i passi più eloquenti:

« Voi tutti, onorevoli colleghi, siete stati testimoni di ciò che è avvenuto di recente durante le feste cinquantenarie, in questa così grande frequenza degli Italiani qui a Roma, presenti tutti i sindaci dei nostri municipî, accorrendo da ogni parte tutto il popolo, mentre il Re, la Famiglia Reale e il Parlamento e quanto ha di più eletto il Paese si adunava sui gradini del monumento del Gran Re.

« Corse allora un fremito di sentimento nazionale; noi ci sentimmo allora tutti unanimi in qualcosa di più alto di noi e che ci sollevava al disopra delle nostre povere contese di tutti i giorni e delle angustie della misera prosa della vita. Orbene, ciò che allora, in quel punto, diede a codesto sentimento la sua parola, la sua espressione, fu l'arte; fu il monumento, che rappresenta esso pure una gloria dell'ingegno italiano.

« E', dunque — e sia pure — una questione di sentimento quella che noi facciamo qui. Ma aggiungo subito: il nostro è uno di quei sentimenti, che hanno dietro a sè ed in sè motivi, ragioni di alto valore morale, sociale e giuridico; ragioni di diritto, che allo Stato italiano riconoscono insigni giureconsulti e che sono ormai ben note.

« Io non starò qui a rifarvi a parte a parte la dimostrazione di queste ragioni. Altri potrà farvela con una autorità che io non ho. Io non farò che ricordare brevemente come insigni giureconsulti, e gli stessi autorevoli consultori del Governo italiano, abbiano più volte dichiarato non doversi la questione dei diritti dello Stato italiano sul palazzo Farnese decidere a termini della legge italiana su i monumenti del 1902, dopo la quale può il Governo non aver fatto valere il suo diritto di prelazione; sibbene a termini di quello che stabilisce il rescritto pontificio del 1º giugno 1861, per il quale Pio IX, sciogliendo dai vincoli fidecommissarî i beni della

Digitized by Google